

EXECUTIVE SUMMARY
TUGAS PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA



TUGAS PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI UBI KAYU
(*Manihot esculenta*) MELALUI PROSES FERMENTASI DENGAN KAPASITAS
100.000 KL/TAHUN

Oleh :

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| Laelia Afrisanthi | NIM. L2C007058 |
| Lafas Hanandito | NIM. L2C007059 |
| Listi Ardhannari | NIM. L2C007060 |
| Sulthon Willy | NIM. L2C007088 |

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2011

EXECUTIVE SUMMARY

| | | |
|-------------|---|------------------|
| JUDUL TUGAS | TUGAS PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI UBI KAYU (<i>Manihot esculenta</i>) MELALUI PROSES FERMENTASI | |
| | KAPASITAS PRODUKSI | 100.000 kL/tahun |

I. STRATEGI PERANCANGAN

| | |
|------------------------------------|---|
| Latar belakang | <p>Krisis energi merupakan salah satu permasalahan utama dunia akhir-akhir ini. Selama ini, lebih dari 90% kebutuhan energi dunia dipasok dari bahan bakar fosil. Jika eksploitasi terus berjalan hingga saat ini, diperkirakan sumber energi ini akan habis dalam setengah abad mendatang. Bisa dibayangkan bagaimana kehidupan manusia kelak jika bahan bakar fosil yang menjadi sumber energi utama umat manusia selama lebih dari dua ratus tahun habis begitu saja. Kesadaran terhadap ancaman serius tersebut telah mendorong adanya berbagai riset yang bertujuan untuk menghasilkan sumber-sumber energi ataupun pembawa energi yang lebih terjamin keberlanjutannya dan lebih ramah lingkungan. Salah satu alternatif pengganti bahan bakar fosil adalah dengan bioenergi seperti bioetanol. Bioetanol adalah bahan bakar nabati yang tak pernah habis selama tersedia sinar matahari, air yang mencukupi, oksigen berlimpah, dan kita mau untuk melakukan budidaya pertanian.</p> |
| Dasar penetapan kapasitas produksi | <p>Penetapan kapasitas produksi didasarkan oleh 3 hal yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none">1. Kebutuhan Produk Kebutuhan bioetanol di Indonesia akan terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal itu terjadi karena kebutuhan akan bahan bakar minyak yang terus meningkat yang tidak disertai dengan adanya suplai yang memadai. Dengan adanya bioetanol ini diharapkan akan mampu memenuhi kebutuhan bahan bakar di Indonesia.2. Bahan Baku Sumber bioetanol dapat berupa ubi kayu, ubi jalar, tebu, jagung, sorgum biji, sorgum manis, sagu, aren, nipah, lontar, kelapa dan padi. Dari beberapa jenis tanaman tersebut, sumber bioetanol yang cukup potensial dikembangkan di Indonesia adalah ubi kayu (<i>Manihot esculenta</i>) yang merupakan tanaman |

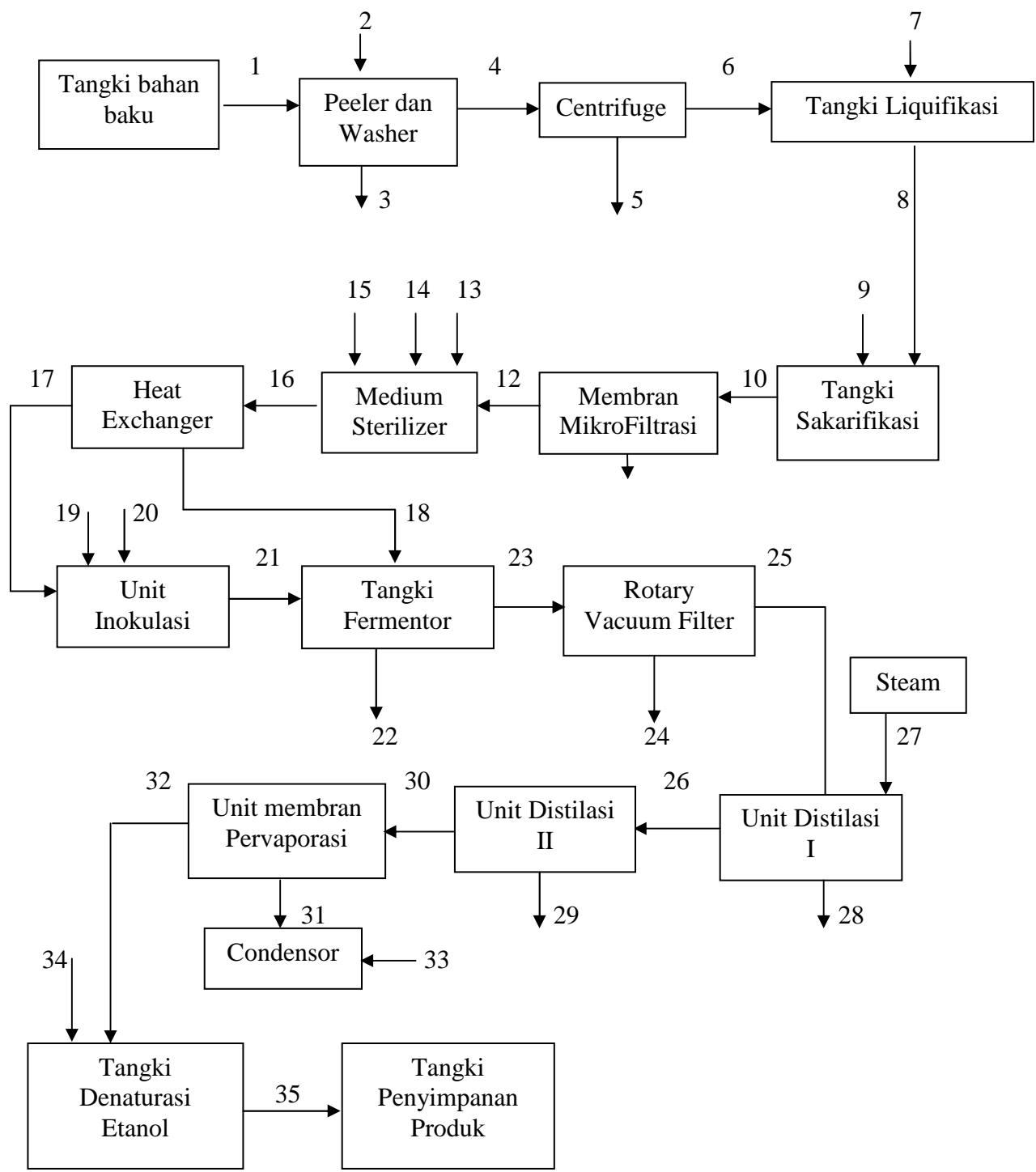
| | |
|--|--|
| | <p>yang setiap hektarnya dapat memproduksi etanol paling tinggi. Indonesia adalah penghasil ubi kayu terbesar keempat di dunia. Dari luas areal 1,24 juta hektar tahun 2005, produksi ubi kayu Indonesia sebesar 19,5 juta ton. Produksi bioetanol dari ubi kayu diharapkan dapat menjadi solusi sumber energi terbarukan dan dapat meningkatkan pendapatan petani ubi kayu.</p> <p>3. Kapasitas Rancangan Minimum</p> <p>Kapasitas minimal pabrik yang telah beroperasi pada saat ini adalah PT Perkebunan Nusantara XI dengan kapasitas 3.156 ton/tahun, sedangkan kapasitas maksimal adalah PT Indo Acidatama Chemical dengan kapasitas 61.542 ton/tahun. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka direncanakan pabrik bioetanol yang akan mulai produksi pada tahun 2015 mempunyai kapasitas 100.000 kl/tahun (78.900 ton/tahun). Dengan kapasitas tersebut diharapkan dapat mengurangi sebagian kekurangan konsumsi domestik bioetanol pada tahun 2015.</p> |
| <p>Dasar penetapan lokasi pabrik</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan bahan baku utama Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan bioetanol ini adalah ubi kayu. Provinsi Jawa Tengah mampu menghasilkan ubi kayu yang cukup tinggi yaitu sebesar 3.369.046 ton dengan luas panen sebesar 192.018 Ha (BPS, 2009). Sedangkan untuk wilayah Wonogiri sendiri mampu memproduksi ubi kayu sebesar 1 juta ton per tahun yang merupakan terbesar kedua di Indonesia setelah provinsi Lampung. Maka dari itu, bahan baku utama yaitu ubi kayu disuplai oleh masyarakat setempat. • Pemasaran produk Pemilihan lokasi pabrik bioetanol berada di dekat bahan baku karena pabrik ini bersifat <i>weight loss</i>, yaitu produk yang dihasilkan lebih ringan dari pada bahan baku nya. Dengan dibangunnya pabrik bioetanol yang berlokasi di Jawa Tengah, tepatnya di Wonogiri diharapkan dapat memasok kebutuhan bioetanol yang ada di Pulau Jawa dan Bali. • Ketersediaan Air dan Listrik serta Utilitas Lainnya Kebutuhan air diperoleh dari sungai, Waduk Gajah Mungkur, dan PDAM setempat. Sedangkan kebutuhan listrik di pabrik disuplai oleh PLN. • Ketersediaan Tenaga Provinsi Jawa Tengah memiliki jumlah penduduk yang padat sehingga mudah |

| | |
|-------------------|--|
| | <p>untuk memperoleh tenaga kerja. Selain itu, lokasi pabrik yang berdekatan dengan pemukiman penduduk setempat sehingga mempermudah perekrutan tenaga kerja.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fasilitas Transportasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah memiliki fasilitas transportasi darat dan laut yang baik dan mudah dicapai sehingga proses transportasi dapat ditangani dengan baik. Untuk transportasi laut, bisa melalui pelabuhan Tanjung Mas yang ada di kota Semarang. • Pembuangan Limbah Kawasan industri di Jawa Tengah berada dekat dengan beberapa sungai yang bermuara di Selat Sunda dan Samudera Hindia sehingga pembuangan limbah dapat dilakukan di sungai tersebut setelah diproses terlebih dahulu. |
| Pemilihan proses | <ul style="list-style-type: none"> • Secara umum produksi bioetanol mencakup tiga rangkaian proses yaitu, persiapan bahan baku, konversi, dan pemurnian. Pada tahapan persiapan bahan baku, ubi kayu digiling sebelum memasuki tahap selanjutnya. Tahap konversi meliputi proses liquifikasi (dengan bantuan enzim α-amilase), proses sakarifikasi (dengan bantuan glukamilase) untuk mengkonversi tepung/pati menjadi gula, dan proses fermentasi yang dilakukan pada suhu sekitar 27 – 32 °C. Tahap berikutnya adalah pemurnian bioetanol dengan metode distilasi untuk mencapai kemurnian 95,6%. Untuk mencapai tingkat kemurnian 99,5% (<i>fuel grade</i>) dilakukan proses pemurnian dengan membran pervaporasi. |
| BAHAN BAKU | |
| Nama | Ubi Kayu |
| Spesifikasi | <ul style="list-style-type: none"> - Fase : Padat - Karbohidrat / Pati : 26,80 % - Protein : 0,5 % - Lemak : 0,08 % - Air : 46,42 % - Serat : 0,51 % - Kotoran : 0,69 % - Kulit : 25 % |
| | |

| BAHAN PENUNJANG | |
|-----------------|--|
| Nama | Enzim α -Amylase |
| Spesifikasi | Wujud : cair Warna : clear Brown Temperatur : aktif pada suhu 80 °C - 85°C pH stabil : 6,2 – 7,5 pH optimum : 6,0-6,5 pH inaktivasi : 5,0 |
| | |
| Nama | Air |
| Spesifikasi | - fase : cair - pH : 6,8 - 7,5 - kadar Cl ₂ : max 0,5 ppm - kesadahan : max 50 ppm - kekeruhan : max 2 Ntu |
| | |
| Nama | Glukoamilase |
| Spesifikasi | Wujud : cair Warna : clear Brown Temperatur : optimum pada suhu 60 °C pH optimum : 4,0-4,5 |
| | |
| Nama | <i>Saccharomyces cereviceae</i> |
| Spesifikasi | Wujud : padat pH optimum : 5,5, - 6,2 Suhu dan P optimum : 25- 30°C, 1 atm |
| PRODUK | |
| Jenis | Etanol (99,5 %) |
| Spesifikasi | - Wujud : cair - pH : 6,5 – 9,0 - Metanol : 0,1 % (v/v) - Kandungan air : 0,4 % (v/v) |

| | |
|------------------|------------------|
| Laju produksi | 9945,7698 kg/jam |
| Daerah pemasaran | Jawa dan Bali |

II. DIAGRAM ALIR DAN PENERACAAN



Keterangan :

- Arus 1 : aliran umpan berupa ubi kayu
- Arus 2 : aliran umpan H₂O
- Arus 3 : aliran buangan dari peeler dan washer
- Arus 4 : aliran produk keluar peeler dan washer
- Arus 5 : aliran keluaran centrifuge menuju pengolahan limbah
- Arus 6 : aliran produk keluar centrifuge
- Arus 7 : aliran masuknya enzyme α -amylase
- Arus 8 : aliran produk keluar tangki liquifikasi
- Arus 9 : aliran masuknya enzim glukoamilase
- Arus 10 : aliran keluarnya produk menuju membran mikrofiltrasi
- Arus 11 : aliran keluarnya permeate
- Arus 12 : aliran keluarnya retentate menuju medium sterilizer
- Arus 13 : aliran masuknya H₂SO₄ sebagai pengatur pH (buffer)
- Arus 14 : aliran masuknya urea sebagai nutrisi bagi inokulum
- Arus 15 : aliran masuknya ammonium phospat sebagai sumber phosphate bagi inokulum
- Arus 16 : aliran keluarnya produk menuju heat exchanger
- Arus 17 : aliran keluar dari heat exchanger menuju unit inokulasi
- Arus 18 : aliran keluar dari heat exchanger menuju tangki fermentor
- Arus 19 : aliran masuknya udara menuju unit inokulasi
- Arus 20 : aliran masuknya inokulum berupa *Saccharomyces cereviceae*
- Arus 21 : aliran keluarnya produk unit inokulasi menuju tangki fermentor
- Arus 22 : aliran keluarnya gas CO₂
- Arus 23 : aliran keluarnya produk tangki fermentor menuju rotary vacuum filter
- Arus 24 : aliran keluarnya residu
- Arus 25 : aliran keluarnya produk menuju unit distilasi I untuk memisahkan *fussel oil* dari etanol
- Arus 26 : aliran keluarnya (hasil atas produk distilasi I) menuju unit distilasi II untuk proses pemurnian etanol hingga kemurnian 95,6 %.
- Arus 27 : aliran masuknya steam menuju unit distilasi I
- Arus 28 : aliran keluarnya hasil bawah distilasi I
- Arus 29 : aliran keluarnya hasil bawah distilasi II
- Arus 30 : aliran keluarnya hasil atas distilasi II menuju membran pervaporasi

- Arus 31 : aliran keluarnya permeate berupa uap air
- Arus 32 : aliran keluarnya retentate menuju tangki denaturasi etanol
- Arus 33 : aliran masuknya air pendingin menuju condensor
- Arus 34 : aliran masuknya methanol ke dalam tangki denaturasi
- Arus 35 : aliran keluarnya etanol *fuel-grade* (bioetanol) menuju tangki tangki penyimpanan produk

II.1. Peneracaan

II.1.1 Neraca Massa

1. Unit *Peeler* dan *Washer*

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | | OUTPUT (kg/jam) | |
|---|----------------|-------------|-----------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 |
| C ₆ H ₁₀ O ₅ | 41397.36469 | | | 41397.36469 |
| Protein | 772.3388935 | | | 772.3388935 |
| Lemak | 123.574223 | | | 123.574223 |
| Serat | 787.7856714 | | | 787.7856714 |
| Kulit | 38616.94468 | | 38616.94468 | |
| Kotoran | 1065.827673 | | 1065.827673 | |
| H ₂ O | 71703.94287 | 617871.1148 | 617871.1148 | 71703.94287 |
| Jumlah | 154467.7787 | 617871.1148 | 657553.8871 | 114785.0064 |
| | 772338.8935 | | 772338.8935 | |

2. Unit Sentrifugasi

| KOMPONEN | INPUT | OUTPUT | |
|---|-------------|-------------|-------------|
| | M4 | M5 | M6 |
| C ₆ H ₁₀ O ₅ | 41397.36469 | | 41397.36469 |
| Protein | 772.3388935 | 772.3388935 | |
| Lemak | 123.574223 | 123.574223 | |
| Serat | 787.7856714 | 787.7856714 | |
| H ₂ O | 71703.94287 | | 71703.94287 |
| Jumlah | 114785.0064 | 1683.698788 | 113101.3076 |
| | 114785.0064 | 114785.0064 | |

3. Unit Liquifikasi

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | | OUTPUT (kg/jam) |
|---|----------------|-------------|-----------------|
| | M6 | M7 | M8 |
| C ₆ H ₁₀ O ₅ | 41397.36469 | | 2069.9835 |
| H ₂ O | 71703.94287 | | 71703.94287 |
| α-amylase | | 82.79472938 | 82.79472938 |
| [C ₆ H ₁₀ O ₅] | | | 39327.38119 |
| Jumlah | 113101.3076 | 82.79472938 | 113184.1023 |
| | 113184.1023 | | 113184.1023 |

4. Unit Sakarifikasi

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | | OUTPUT (kg/jam) |
|---|----------------|-------------|-----------------|
| | M8 | M9 | M10 |
| [C ₆ H ₁₀ O ₅] ₁₀₀₀ | 2069.9835 | | 2069.9835 |
| [C ₆ H ₁₀ O ₅] | 39327.38119 | | 1179.8784 |
| H ₂ O | 71703.94287 | | 67465.2345 |
| α-amylase | 82.79472938 | | 82.79472938 |
| Glukoamylase | | 78.65476238 | 78.65476238 |
| C ₆ H ₁₂ O ₆ | | | 42386.21116 |
| Jumlah | 113184.1023 | 78.65476238 | 113262.7571 |
| | 113262.7571 | | 113262.7571 |

5. Unit Membran Mikrofiltrasi

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | OUTPUT (kg/jam) | |
|---|----------------|-----------------|-------------|
| | M10 | M11 | M12 |
| [C ₆ H ₁₀ O ₅] ₁₀₀₀ | 2069.9835 | 2069.9835 | |
| [C ₆ H ₁₀ O ₅] | 1179.8784 | 1179.8784 | |
| H ₂ O | 67465.2345 | | 67465.2345 |
| α-amylase | 82.79472938 | 78.07542981 | 4.719299575 |
| Glukoamylase | 78.65476238 | 74.17144092 | 4.483321456 |
| C ₆ H ₁₂ O ₆ | 42386.21116 | | 42386.21116 |
| Jumlah | 113262.7571 | 3402.108771 | 109860.6483 |
| | 113262.7571 | 113262.7571 | |

6. Unit Medium Sterilizer

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | | | | OUTPUT (kg/jam) |
|---|----------------|------------|-------------|-------------|-----------------|
| | M12 | M13 | M14 | M15 | M16 |
| H ₂ O | 67465.2345 | | | | 67465.2345 |
| α-amylase | 4.719299575 | | | | 4.719299575 |
| Glukoamylase | 4.483321456 | | | | 4.483321456 |
| C ₆ H ₁₂ O ₆ | 42386.21116 | | | | 42386.21116 |
| H ₂ SO ₄ | | 8.99E-01 | | | 0.89901 |
| Urea | | | 211.9310558 | | 211.9310558 |
| Amm Phospat | | | | 42.38621116 | 42.38621116 |
| Jumlah | 109860.6483 | 255.216277 | | | 110115.8646 |
| | 110115.8646 | | | | 110115.8646 |

7. Unit Inokulasi

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | | | OUTPUT (kg/jam) |
|---|--------------------|----------|----------|--------------------|
| | M16 | M19 | M20 | M21 |
| H ₂ O | 6746.52345 | | | 6746.525014 |
| α -amylase | 0.471929957 | | | 0.471929957 |
| Glukoamylase | 0.448332146 | | | 0.448332146 |
| C ₆ H ₁₂ O ₆ | 4238.621116 | | | 4238.621087 |
| H ₂ SO ₄ | 0.089901 | | | 0.089901 |
| Urea | 21.19310558 | | | 21.19304 |
| Amm.phosphat | 4.238621116 | | | |
| Saccharomyces | | | 1.49E-04 | 4.23750979E+00 |
| Udara | | 2.59E-04 | | |
| CO ₂ | | | | 5.05E-05 |
| | 11011.58646 | 2.59E-04 | 1.49E-04 | 11011.58686 |
| Jumlah | 11011.58686 | | | 11011.58686 |

8. Unit Fermentasi

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | | OUTPUT (kg/jam) | |
|---|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | M18 | M21 | M22 | M23 |
| C ₆ H ₁₂ O ₆ | 38147.59004 | 4238.621087 | | 21794.98976 |
| saccharomyces | | 4.24E+00 | | 7.57E+02 |
| α -amylase | 4.247369617 | 0.471929957 | | 4.719299575 |
| Glukoamilase | 4.03498931 | 0.448332146 | | 4.483321456 |
| H ₂ SO ₄ | 0.809109 | 0.089901 | | 0.89901 |
| H ₂ O | 60718.71105 | 6746.525014 | | 67754.17046 |
| Amm phosphate | 38.14759004 | | | |
| Urea | 190.7379502 | 21.19304 | | 188.9496 |
| C ₂ H ₅ OH | | | | 9996.0767 |
| CO ₂ | | | 9605.8498 | |
| C ₂ H ₄ O | | | | 4.41E-03 |
| C ₃ H ₈ O | | | | 1.26636 |
| C ₄ H ₁₀ O | | | | 1.521465 |
| C ₅ H ₁₂ O | | | | 6.32669 |
| Jumlah | 99104.2781 | 11011.58681 | 9605.8498 | 100510.0151 |
| | 110115.8649 | | 110115.8649 | |

9. Unit Rotary Vacuum Filter

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | OUTPUT (kg/jam) | |
|---|--------------------|--------------------|-------------|
| | M23 | M24 | M25 |
| C ₆ H ₁₂ O ₆ | 21794.98976 | 21794.98976 | |
| Saccharomyces | 7.57E+02 | 7.57E+02 | |
| α -amylase | 4.719299575 | 4.719299575 | |
| Glukoamilase | 4.483321456 | 4.483321456 | |
| H ₂ SO ₄ | 0.89901 | 0.89901 | |
| H ₂ O | 67754.17046 | | 67754.17046 |
| Urea | 188.9496 | 188.9496 | |
| C ₂ H ₅ OH | 9996.0767 | | 9996.0767 |
| C ₂ H ₄ O | 4.41E-03 | | 0.004414 |
| C ₃ H ₈ O | 1.26636 | | 1.26636 |
| C ₄ H ₁₀ O | 1.521465 | | 1.521465 |
| C ₅ H ₁₂ O | 6.32669 | | 6.32669 |
| Jumlah | 100510.0151 | 22750.64899 | 77759.36609 |
| | 100510.0151 | 100510.0151 | |

10. Unit Distilasi I

| KOMPONEN | INPUT (kg) | OUTPUT (kg) | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | M25 | M26 | M28 |
| C ₂ H ₅ OH (LK) | 9996.0767 | 9946.0605 | 50.01619977 |
| H ₂ O (HK) | 98265.39316 | 5082.433787 | 93182.95938 |
| C ₂ H ₄ O | 4.41E-03 | 0.004414 | 6.84171E-12 |
| C ₃ H ₈ O | 1.26636 | 0.244021891 | 1.022338109 |
| C ₄ H ₁₀ O | 1.521465 | 0.000227599 | 1.521237401 |
| C ₅ H ₁₂ O | 6.32669 | 8.44551E-07 | 6.326689155 |
| Jumlah | | 15028.743 | 93241.84584 |
| | 108270.5888 | 108270.5888 | |

11. Unit Distilasi II

| KOMPONEN | INPUT (kg) | OUTPUT (kg) | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | M26 | M29 | M30 |
| C ₂ H ₅ OH (LK) | 9946.0605 | 49.96984704 | 9896.090653 |
| H ₂ O (HK) | 26510.43379 | 26129.18592 | 381.2478704 |
| C ₂ H ₄ O | 0.004414 | 2.19918E-12 | 0.004414 |
| C ₃ H ₈ O | 0.244021891 | 0.20295093 | 0.041070962 |
| Jumlah | | 26179.35872 | 10277.38401 |
| | 36456.74273 | 36456.74273 | |

12. Unit Membran Pervaporasi

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | OUTPUT (kg/jam) | |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | M30 | M31 | M32 |
| C ₂ H ₅ OH | 9896,090653 | | 9896,090653 |
| H ₂ O | 381,2478704 | 341,5045 | 39,7433734 |
| Jumlah | | 341,5045 | 9935,833953 |
| | 10277,33852 | 10277,33845 | |

13. Unit Denaturasi Alkohol

| KOMPONEN | INPUT (kg/jam) | | OUTPUT (kg/jam) |
|----------------------------------|--------------------|-------------|--------------------|
| | M32 | M34 | M35 |
| C ₂ H ₅ OH | 9896,090653 | | 9896,090653 |
| H ₂ O | 39,7433734 | | 39,7433734 |
| CH ₃ OH | | 9,935833953 | 9,935833953 |
| Jumlah | 9945,769787 | | 9945,769787 |

II.1.2 Neraca Panas

1. Unit Heat Exchanger (E-101)

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H | 1496073.005 | H | 17106507.46 |
| Q suplai | 15610434.45 | | |
| Jumlah | 17106507.46 | | 17106507.46 |

2. Unit Liquifikasi

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H | 17106507.46 | H | 136033238.67 |
| H | 0.703217914 | H | 8.438614964 |
| | | H | 350326878.7 |
| Q suplai | 395147359.7 | H reaksi | 48323742.11 |
| Jumlah | 412253867.9 | | 412253867.9 |

3. Unit Heat Exchanger (HE-201)

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H | 363930125.8 | H | 204955043.8 |
| | | Q yang diserap | 158975081.9 |
| Jumlah | 363930125.8 | | 363930125.8 |

4. Unit Sakarifikasi

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| H | 2078963195 | H | 2078487707 |
| H | 1331.760179 | | |
| Q suplai | 6459522512 | H reaksi | 6459998000 |
| Jumlah | 8538487039 | | 8538487039 |

5. Unit Heat Exchanger (HE-202)

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| Hreaktan | 2078318530 | Hproduk | 283146368,1 |
| | | Q diserap | 1795172162 |
| Jumlah | 2078318530 | | 2078318530 |

6. Unit Medium Sterilizer

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|-------------------|-------------------------|------------|
| Hreaktan | 261281295.5 | Hproduk | 2504115007 |
| Q yang disuplai | 1057009.545 | | |
| Jumlah | 2504115007 | 2504115007 | |

7. Unit Heat Exchanger (HE-301)

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| Hreaktan | 2504115007 | Hproduk | 2213976.465 |
| | | Q diserap | 2501901030 |
| Jumlah | 2504115007 | | 2504115007 |

8. Unit Inokulasi

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Hreaktan | 26127920.06 | Hproduk | 257701.0283 |
| Hreaksi | -1017881.853 | Q diserap | 24852337.18 |
| Jumlah | 25110038.21 | | 25110038.21 |

9. Unit Fermentasi

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H reaktan | 423762450 | H produk | 135215546.8 |
| H reaksi | -199066078.6 | Q diserap | 89480824.6 |
| Jumlah | 224696371.4 | | 224696371.4 |

10. Unit Heat Exchanger (E-301)

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H | 3999.364953 | H | 67408.09008 |
| Q suplai | 23307644.09 | | |
| Jumlah | 67408.09008 | | 67408.09008 |

11. Unit Distilasi I

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H _f | 17209846.8 | H _D | 1732158.902 |
| Q _s | 66319193.67 | H _B | 24109618.33 |
| | | Q _c | 57687263.25 |
| Jumlah | 83529040.48 | | 83529040.48 |

12. Unit Distilasi II

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H _f | 17208986.61 | H _D | 1732158.885 |
| Q _s | 46575900.8 | H _B | 15528771.7 |
| | | Q _c | 46523956.84 |
| Jumlah | 63784887.42 | | 63784887.42 |

13. Unit Heat Exchanger (E-401)

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H | 1390702,821 | H | 1869914,644 |
| Q suplai | 479211,8232 | | |
| Jumlah | 1869914,644 | | 1869914,644 |

14. Unit Membran Pervaporasi

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H feed | 1869914,644 | Q penguapan | 797037,3526 |
| | | H retentate | 1072877,291 |
| Jumlah | 1869914,644 | | 1869914,644 |

15. Unit Kondensor (C-403)

| ΔH in (kJ/jam) | | ΔH out (kJ/jam) | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| H | 28791,10229 | H | 7161,565902 |
| | | Q yang diserap | 21629,53639 |
| Jumlah | 28791,10229 | | 28791,10229 |

16. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

1. Peralatan Proses

| HEAT EXCHANGER (E-101) | | |
|---|---|------------------------|
| Fungsi | Untuk mentransfer supply panas untuk kebutuhan reaksi liquifikasi | |
| Tipe | Coil (pemanas) | |
| Material | Carbon Steel Grade C | |
| Untuk Steam (Tube) | OD = 0,0625 ft | a _t = 0,302 |
| | BWG = 16 | D rata-rata = 0,62 in |
| Heat Transfer Surface Area | 7556,313 ft ² | |
| Heat Transfer Coefficient (Clean) U _c | 14,42778 | |
| Heat Transfer Coefficient (Dirt) U _d | 13,45700 | |
| Jumlah Putaran | 237246,876 | |
| POMPA (P-201) | | |
| Fungsi | untuk mengalirkan slurry dari tangki liquifikasi menuju tangki sakarifikasi | |
| Tipe | Pompa reciprocating piston | |
| Kapasitas pompa | 1,0193 ft ³ /sec | |

| | |
|---|---|
| Tenaga pompa | 52,395 ft.lbf/lbm |
| Daya pompa | 9,56 Hp |
| Ukuran Pipa | Nominal size = 8 in |
| | Schedule No = 40 |
| | OD = 0,7188 ft |
| | ID = 0,6651 ft |
| | Flow area pipe (A) = 0,3474 ft ² |
| TANGKI PENAMPUNG PRODUK ETANOL (T-404) | |
| Fungsi | Sebagai tempat penyimpanan produk etanol selama 15 hari |
| Tipe | silinder tegak dengan dasar flat dan atap tipe <i>fixed roof</i> |
| Bahan Konstruksi | Carbon steel SA-283 grade C |
| Kondisi | 1.Temperatur = 30°C |
| | 2.Tekanan = 1 atm |
| Tinggi | 36 ft |
| Diameter | 80 ft |
| Pipa pengeluaran | D nom = 3 in |
| | OD = 3,5 in |
| | ID = 3,068 in |
| | Schedule No = 40 |
| TANGKI SAKARIFIKASI (V-202) | |
| Fungsi | Sebagai tempat terjadinya reaksi sakarifikasi yaitu perubahan dekstrin menjadi glukosa dengan bantuan enzim glukamilase |
| Tipe | Reaktor tangki berpengaduk |
| Bahan konstruksi | Stainless steel tipe 304 Grade 3 (SA-167) |
| Kapasitas | 113262,76 kg/jam |
| Kondisi Operasi | Suhu (T) = 60 °C |
| | Tekanan (P) = 14,7 psi |
| Waktu reaksi | 1 jam |
| Yield | 97% |
| Laju alir volumetric | 3284,57 ft ³ /jam |
| Pengaduk | Tipe : Flat six blade turbin agitator |
| | Putaran pengaduk : 0,33 rps |
| | Tenaga motor : 2 Hp |

| | |
|-----------------------------------|--|
| | |
| TANGKI FERMENTOR (V-303) | |
| Fungsi | Sebagai tempat terjadinya reaksi pembentukan etanol dengan proses fermentasi. |
| Tipe | Tangki berpengaduk berbentuk silinder tegak dengan tutup berbentuk torispherical dengan jaket pendingin. |
| Bahan konstruksi | Stainless Steel tipe 304 Grade 3 (SA-167) |
| Kondisi Operasi | Suhu (T) = 30°C |
| | Tekanan (P) = 14,7 psi |
| Waktu reaksi | 72 jam |
| Jumlah reaktor | 26 buah |
| Volume reaktor | 9.639,518 ft ³ |
| Diameter | 219,735 in |
| Tinggi | 504 in |
| Pengaduk | Tipe : Marine propeller agitator 3 blades |
| | Kecepatan : 0,703 rps |
| | Tenaga motor : 19 Hp |
| KOLOM DISTILASI II (D-401) | |
| Fungsi | Memurnikan produk etanol |
| Tipe | Sieve Tray |
| Bahan Konstruksi | Carbon Steel SA Grade C |
| Jumlah | 1 buah |
| Tinggi | 24,6 m |
| Diameter | 3 m |
| Tray thickness | 5 mm |
| Head dan bottom | Jenis : torispherical |
| | Tebal : 0,3 in |
| | Tinggi : 20,03 in |
| Kondisi Operasi | |
| 1. Puncak | Suhu (T) = 79,7 °C |
| | Tekanan (P) = 3 atm |
| 2. Umpan | Suhu (T) = 93,2 °C |

| | |
|---------------------------------|---|
| | Tekanan (P) = 1,2 atm |
| 3. Dasar | Suhu (T) = 107,4°C |
| | Tekanan (P) = 1,3 atm |
| MEMBRAN PERVAPORASI (MP) | |
| Fungsi | Untuk memurnikan etanol dari kemurnian 95,6% menjadi >99,5% |
| Tipe | Pervaporasi |
| Modul | Tubular (shell dan tube) |
| Bahan | Membran keramik dari porous support film polyacrylonitrile dengan ketebalan 4 µm dan crosslinked polyvinylalcohol |
| Pola aliran | Cross flow |
| Jumlah chanel dalam 1 modul | 19 buah |
| Jumlah modul dalam 1 housing | 19 buah |
| Fluks permeat (Jp) | 0,55 kg/m ² jam |
| Panjang tube (L) | 1,39 m |
| Diameter hidraulik chanel | 5 mm |
| Jumlah modul | 1151,34 modul |
| Diameter modul | 2,67 cm |
| Jumlah housing | 61 buah |
| Diameter housing | 11,64 cm |

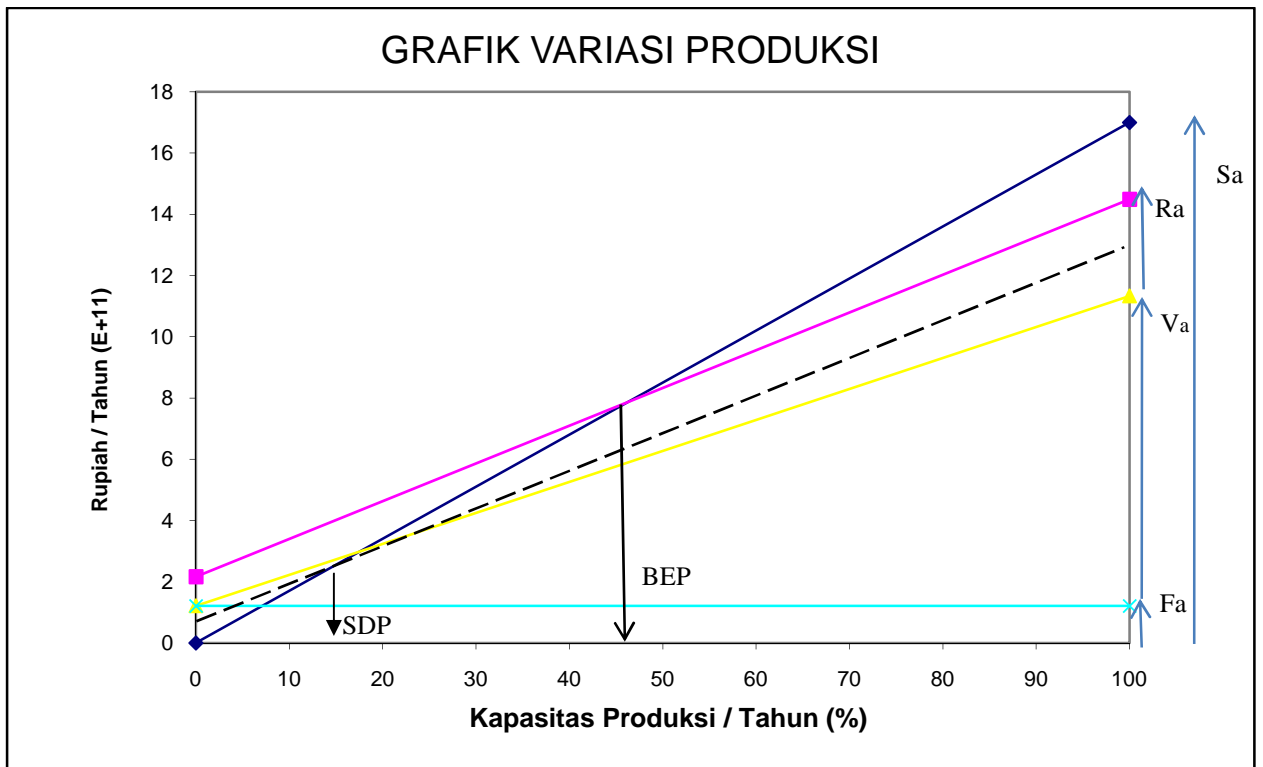
2. Utilitas

| AIR | |
|-------------------------------------|---|
| Air pendingin (cooling water) | 1.871.245,212 m ³ /hari |
| Air umpan ketel (boiler feed water) | 105.202,3255 m ³ /hari |
| Air sanitasi | 12,5 m ³ /hari |
| Air proses | 34.944 m ³ /hari |
| Air pencucian peralatan | 93.401,3 kg/batch |
| Total kebutuhan air | 2.104.805,3375 m ³ /hari |
| Didapat dari sumber | Air sungai, Waduk Gajah Mungkur, dan PDAM |
| | |

| STEAM | |
|--------------------|-------------------------------------|
| Kebutuhan steam | 106.254,3488 m ³ /hari |
| Jenis boiler | Water Tube Boiler |
| LISTRIK | |
| Kebutuhan listrik | 6415 kW |
| Dipenuhi dari | Pembangkit: PLN Kawasan Jawa Tengah |
| BAHAN BAKAR | |
| Jenis | Solar |
| Kebutuhan | 197.864,0899 m ³ /bulan |
| Sumber dari | Pertamina |

III. PERHITUNGAN EKONOMI

| Plant Start Up | Rp 50.631.309.461,00 |
|----------------------------|-------------------------|
| Fixed capital | Rp 1.215.037.782.325,37 |
| Working capital | Rp 428.298.841.540,89 |
| Total capital investment | Rp 1.693.967.933.327,54 |
| ANALISIS KELAYAKAN | |
| Return on Investment (ROI) | 20,71% |
| Pay Out Time (POT) | 3,37 tahun |
| Break Even Point (BEP) | 46,19% |
| Shut Down Point (SDP) | 20,21 % |
| Discounted Cash Flow (DCF) | 30% |



Keterangan :

- Penjualan Produk (S_a)
- Regulated Cost (R_a)
- Variable Cost (V_a)
- Fixed Manufacturing Cost (F_a)

Gambar 1. Grafik Analisis Ekonomi